

基于小波变换的图像去噪研究

刘 慧¹, 彭良玉¹, 刘美华²

(1. 湖南师范大学 物理与信息科学学院, 湖南 长沙 410081;

2. 湖南工程学院, 湖南 湘潭 411104)

摘 要: 根据噪声能量在不同尺度、不同方向上的高频系数的分布差异, 将全局阈值法改进为在不同尺度、不同方向采用不同的阈值进行去噪。该方法与全局软阈值与硬阈值相比, 有更好的视觉效果。通过比较去噪图像的峰值信噪比和均方根误差的数据可以看出, 此法较全局软、硬阈值法有更好的去噪效果。

关键词: 小波变换; 图像去噪; 软阈值; 硬阈值

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)23-0054-02

Research of image denoising based on wavelet transforms

Liu Hui¹, Peng Liangyu¹, Liu Meihua²

(1. College of Physics and Information Science, Hunan Normal University, Changsha 410081, China;

2. Hunan Institute of Engineering, Xiangtan 411104, China)

Abstract: According to the difference of noise energy in high-frequency coefficients in different directions and scales, this article change the global threshold into the method that using different thresholds in different scales and directions. This method has better visual effect comparing to global soft or hard threshold. Compared with the PSNR and MSE data of image denoising, it also has better denoising effect.

Key words: wavelet transform; image denoising; soft threshold; hard threshold

噪声可以理解“妨碍人们感觉器官对所接收的信息源信息进行理解的因素”。现实中, 数字图像在数字化和传输过程中常受到成像设备与外部环境噪声干扰等影响, 成为含噪图像^[1-2]。常用的去噪方法有均值滤波、中值滤波、维纳滤波和小波变换等。大多数方法从本质上来讲都是低通滤波的方法, 而图像细节包含在高频信号中, 因此, 在去噪的同时很容易将图像细节部分也去掉。小波变换能同时给出信号的时域和频域信息, 其多分辨率特性使其能比传统算法很好地在去噪的同时保护图像边缘信息。基于小波变换的去噪方法利用小波变换中的变尺度特性, 对确定信号具有一种“集中”能力^[1]。小波能够去噪是因为它具有以下特点: (1) 低熵性, 小波系数的稀疏分布能降低图像处理后的熵; (2) 多分辨率特性, 能够精确描述信号的非平稳性, 可以在不同分辨率下根据信号和噪声的分布情况来去噪; (3) 去相关性, 可对信号去相关, 噪声在变换后有白化趋势; (4) 基函数选择很灵活, 可以针对不同的信号特点和降噪要求或者不同场

合, 灵活选择小波基函数^[2-4]。小波变换后, 对应图像特征奇异点处的系数幅度较大, 且相邻尺度层间有很强的相关性, 便于提取和保护特征。一般认为, 经小波变换后, 信号的小波系数幅值较大, 而噪声的系数较小。只要设置一个适当的阈值, 保留幅值较大的小波系数, 将小于该阈值的系数置零或者进行相应的收缩处理, 最后用处理过后的的小波系数进行重构就能得到去噪后的图像^[5]。

1 小波阈值去噪

1.1 数学模型

设原始信号为 $f_{i,j}$, 含噪图像为 $g_{i,j}$, 则受干扰的图像模型为^[5-7]:

$$g_{i,j} = f_{i,j} + \varepsilon_{i,j} \quad (1)$$

其中, $i, j = 1, 2, \dots, N$, N 为 2 的整数次幂, $\varepsilon_{i,j}$ 是噪声分量, 独立同分布于 $N(0, \sigma^2)$, 且与 $f_{i,j}$ 独立。图像去噪的目的就是从含噪图像 $g_{i,j}$ 中得到原图像数据 $f_{i,j}$ 的估计 $f'_{i,j}$, 使其均方根误差 (MSE) 最小。对式 (1) 进行离散小波变换 (DWT), 又因小波变换是一种线性变化, 因此得到:

《微型机与应用》2011 年第 30 卷第 23 期

$$W_{g_{i,j}} = W_{f_{i,j}} + W_{e_{i,j}} \quad (2)$$

其中, $W_{g_{i,j}}$ 为含噪图像的小波系数, $W_{f_{i,j}}$ 为原始图像的小波系数, $W_{e_{i,j}}$ 为噪声的小波系数。

1.2 阈值化方法

小波阈值化最常用的两种方法^[8]为硬阈值化和软阈值化。

(1) 硬阈值化用公式表示为:

$$W_{\delta} = \begin{cases} W, & |W| \geq \delta \\ 0, & |W| < \delta \end{cases} \quad (3)$$

其中, δ 为阈值, W_{δ} 为小波系数。

绝对值小于 δ 的小波系数置零, 绝对值大于 δ 的小波系数保持不变。硬阈值函数如图 1 所示。

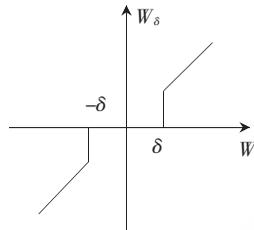


图 1 硬阈值函数

(2) 软阈值化用公式表示为:

$$W_{\delta} = \begin{cases} \text{sgn}(W)(|W| - \delta), & |W| \geq \delta \\ 0, & |W| < \delta \end{cases} \quad (4)$$

绝对值小于 δ 的小波系数置零, 绝对值大于 δ 的小波系数绝对值都减小固定的 δ 。软阈值函数如图 2 所示。

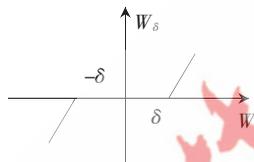


图 2 软阈值函数

小波变换去噪通常采用全局阈值法, 即对小波分解后的所有高频系数采用同一个阈值去噪。事实上, 小波分解后得到的不同尺度、不同方向的噪声系数是有很大差异的, 如果单纯地把全局阈值调高, 虽然可以去掉绝大部分噪声, 但是某个尺度、某个方向的高频图像信息也会全部丢失; 如果调低全局阈值, 又会把高于阈值的噪声系数当成有用信息保留下来, 造成去噪效果不理想。综合来说, 全局阈值去噪效果相对较差, 因此对其进行改进, 针对不同尺度、不同方向的小波系数使用不同阈值处理, 方法步骤如下^[9]:

(1) 选择一个合适的小波和分解层数对加噪图像进行小波分解;

(2) 计算每一层每个方向(水平、垂直、对角)的小波系数的阈值 δ ;

(3) 利用软阈值法对各小波系数进行阈值化, 得到新的小波系数 W_{δ} ;

(4) 计算小波逆变换, 完成重构得到去噪后的图像。

2 仿真验证

为了验证该方法优于全局硬阈值及软阈值去噪法, 进行仿真实验, 采用 512×512 的 lena 和 liftingbody 图, 编译环境为 Matlab7.0。在 lena 和 liftingbody 图中分别加入噪声水平为 15、20、25 的高斯白噪声, 选用的的小波基为 Daubechies3, 分解尺度为 2。噪声水平在 15 时的 lena 和 25 时的 liftingbody 仿真图如图 3 和图 4 所示。

从仿真图可以看出, 多尺度多方向阈值法去噪后的图像纹理要比全局阈值去噪法清晰, 说明多尺度多方向阈值去噪法在去噪的同时能够比全局阈值法更好地保



图 3 $\sigma=15$ 时 lena 仿真图



图 4 $\sigma=25$ 时 liftingbody 仿真图

护图像边缘纹理。

为了验证该方法的去噪效果优于全局软、硬阈值, 用去噪后图像的峰值信噪比(PSNR)及均方根误差(MSE)来评判^[10]。

$$MSE = \frac{1}{M \times N} \sum_0^M \sum_0^N [f(u, v) - \hat{f}(u, v)]^2 \quad (5)$$

$$PSNR = 10 \log \left(\frac{255 \times 255}{MSE} \right) \quad (6)$$

表 1、表 2 给出了对 lena 图分别进行全局阈值去噪和多尺度多方向去噪的 MSE 和 PSNR。

表 1 全局阈值去噪和本文方法去噪结果(MSE)

σ		MSE			
		全局软阈值	多尺度多方向软阈值	全局阈值硬阈值	多尺度多方向硬阈值
lena	15	82.26	82.10	71.56	71.07
	20	98.44	97.68	90.88	89.44
	25	115.5	114.7	110.7	109.2
liftingbody	15	46.56	45.05	39.46	38.25
	20	61.83	60.12	55.29	53.16
	25	78.87	77.24	73.46	71.45

表 2 全局阈值去噪和本文方法去噪结果(PSNR)

σ	PSNR				
	全局 软阈值	多尺度多方 向软阈值		全局阈值 硬阈值	
		多尺度多方 向软阈值	全局阈值 硬阈值	多尺度多方 向硬阈值	全局阈值 硬阈值
lena	15	28.98	28.99	29.58	29.61
	20	28.20	28.23	28.55	28.62
	25	27.51	27.53	27.69	27.75
liftingbody	15	31.45	31.59	32.17	32.31
	20	30.22	30.34	30.70	30.88
	25	29.16	29.25	29.47	29.59

从表 1 和表 2 可以看出,不管是用硬阈值还是软阈值函数去噪,此方法都能比全局阈值去噪得到更小的均方根误差和更大的峰值信噪比。

本文在常规的小波阈值去噪方法的基础上,将运用于全局的统一阈值换成适合不同尺度、不同方向的不同阈值。从仿真结果可以看出,本文方法不仅改善了图像质量(提高了峰值信噪比 PSNR 且有最小均方误差 MSE),而且也使图像更加清晰,并适合人眼的视觉特性,充分说明了该法的有效性。

参考文献

- [1] 冈萨雷斯.数字图像处理(MATLAB 版)[M].北京:电子工业出版社,2009.
- [2] 李旭超,朱善安.小波域图像降噪概述[J].中国图象图形学报,2006,11(9):1201-1208.
- [3] 飞思科技产品研发中心.小波分析理论与 MATLAB7 实现[M].北京:电子工业出版社,2005.
- [4] 谢杰成,张大力,徐文立.小波图象去噪综述[J].中国图象图形学报,2002,7(3),209-217.
- [5] DONOHO D L. De-noising by soft-thresholding [J]. IEEE Transactions on Information Theory,1995(41): 613-627.
- [6] DONOHO D L. JOHNSTONE I M. Ideal spatial adaptation by wavelet shrinkage [J]. Biometrika,1994, 81(3),425-455.
- [7] 田沛,李庆周,马平,等.一种基于小波变换的图像去噪新方法[J].中国图象图形学报,2008,13(3):394-399.
- [8] 涂丹,沈建军,沈振康.小波阈值技术在图像降噪中的应用研究[J].国防科技大学学报. 1999,21(2),42-45.
- [9] KAUR L, GUPTA S, CHAUHAN R C. Image denoising using wavelet thresholding [J]. Indian Conference on Computer Vision, Graphics & Image Processing (ICVGIP), 2002.
- [10] CHANG S G, Yu Bin, VETTERLI M. Adaptive wavelet thresholding for image denoising and compression[J]. IEEE Transactions on Information Theory,2000,9(9):1532-1546.

(收稿日期:2011-09-13)

作者简介:

刘慧,女,1982年生,硕士研究生,主要研究方向:数字图像处理。

彭良玉,女,1965年生,博士,教授,硕士生导师,主要研究方向:信号处理和有源滤波器设计。

刘美华,女,1980年生,硕士,讲师,主要研究方向:信号处理。